

L4 ANSWER 3 OF 3 WPINDEX COPYRIGHT 2001 DERWENT INFORMATION LTD

AN 1999-406343 [35] WPINDEX

DNN N1999-303008

TI High temperature superconductor for use in superconducting fault current limiter.

DC X12 X13

PA (CRYO-N) CRYOELECTRA GES KRYOELEKTRISCHE PROD MBH

CYC 1

PI DE 19856425 A1 19990701 (199935)\* 8p H01B012-06 <--

ADT DE 19856425 A1 DE 1998-19856425 19981208

PRAI DE 1997-19754307 19971208

IC ICM H01B012-06

ICS H01L039-16

AB DE 19856425 A UPAB: 19990902

NOVELTY - The superconductor (1) has a support layer (2), a superconducting layer (3) applied on top in the form, for example, of a YBCO film and a thermal stabilizing layer (4) applied on top of this made out of normally conducting material. The stabilizing layer has breaks of short length in the current flow direction. The length at a still-possible thermal leakage of a heating up of the superconducting layer, in the region of the break, is oriented into the stabilizing layer.

DETAILED DESCRIPTION - The stabilizing layer is designed as a variable layer relative to the current flow direction. INDEPENDENT CLAIMS are included for a fault current limiter and a power supply esp. for HTSL magnets.

USE - For use in superconducting fault current limiter.

ADVANTAGE - In spite of good thermal stabilization in the normal conducting state, the conductor has a high ohmic resistance.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a cross section through the superconductor element.

superconductor 1

support layer 2

superconducting layer 3

thermal stabilizing layer 4

Dwg.1/8

FS EPI

FA AB; GI

MC EPI: X12-C05; X12-H01A3; X13-C03B1



18 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 198 56 425 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>  
H 01 B 12/06  
H 01 L 39/16

21 Aktenzeichen: 198 56 425.2  
22 Anmeldetag: 8. 12. 98  
43 Offenlegungstag: 1. 7. 99

DE 198 56 425 A 1

66 Innere Priorität:

197 64 307. 3

08. 12. 97

71 Anmelder:

Cryoelectra Gesellschaft für kryoelektrische  
Produkte mbH, 42287 Wuppertal, DE

74 Vertreter:

H. Rieder und Kollegen, 42329 Wuppertal

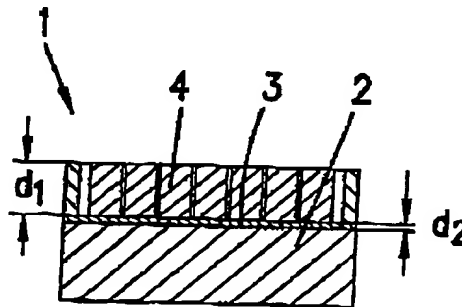
72 Erfinder:

Erfinder wird später genannt werden

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Hochtemperatursupraleiter, Fehlerstrombegrenzer mit einem Hochtemperatursupraleiter und Stromversorgung, beispielsweise für einen HTSL-Magneten

67 Die Erfindung betrifft einen hochtemperatursupraleitfähigen Leiter (HTSL-Leiter), (1) bspw. zur Verwendung in einem supraleitenden Fehlerstrombegrenzer, der in einer bestimmten Stromflußrichtung von Strom durchflossen wird, mit einer Trägerschicht (2), einer darauf aufgetragenen, supraleitfähigen HTSL-Schicht (3), bspw. in Form eines YBCO-Films, und einer auf der HTSL-Schicht (3) aufgetragenen thermischen Stabilisierungsschicht (4) aus elektrisch normal leitfähigem Material. Um trotz guter thermischer Stabilisierung im elektrisch normal leitenden Zustand einen hohen ohmschen Widerstand zu erreichen, schlägt die Erfindung vor, daß die Stabilisierungsschicht (4) in Stromflußrichtung (S) Unterbrechungen (U) kurzer Länge aufweist, wobei die Länge an einer noch möglichen thermischen Ableitung einer Erwärmung der HTSL-Schicht (3) - im Bereich der Unterbrechung (U) - in die Stabilisierungsschicht (4) orientiert ist.



DE 198 56 425 A 1

DE 198 56 425 A 1

1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen hochtemperatursupraleitfähigen Leiter (HTSL-Leiter) bspw. zur Verwendung in einem supraleitendem Fehlerstrombegrenzer, der in einer bestimmten Stromflussrichtung von Strom durchflossen wird, mit einer Trägerschicht, einer darauf angebrachten supraleitfähigen HTSL-Schicht, bspw. in Form eines YBCO-Films, und einer auf der HTSL-Schicht aufgetragenen thermischen Stabilisierungsschicht aus elektrisch normal leitfähigen Material.

Derartige HTSL-Leiter sind bereits in verschiedenen Ausführungsformen bekannt geworden. Hinsichtlich einer Anwendung in Resonatoren wird bspw. auf die DE-OS 44 36 295 verwiesen.

Im weiteren betrifft die Erfindung auch einen hochtemperatursupraleitfähigen Leiter (HTSL-Leiter), in einer Ausgestaltung als Multifilamentleiter.

Auch derartige HTSL-Leiter sind bereits in verschiedenen Ausführungsformen bekannt geworden. Es wird beispielsweise auf die DE 196 45 893 A1 verwiesen.

Darüber hinaus betrifft die Erfindung auch eine Stromversorgung, beispielsweise für einen HTSL-Magneten, mit einem HTSL-Leiter in der zuletzt beschriebenen Ausführungsform.

Im Hinblick auf den zunächst angesprochenen HTSL-Leiter sei folgendes ausgeführt:

Bei der Anwendung in Fehlerstrombegrenzern steigt im Kurzschlussfall der durchzuleitende Strom sehr stark an. Die Stromstärke übertrifft dann die für einen HTSL-Leiter dieser Art maximale Stromstärke und es kommt zu üblicher elektrischer Leitung. Hierbei stellt die HTSL-Schicht einen relativ großen Ohmschen Widerstand dar, so daß angesichts der großen Stromstärke eine starke Wärmeentwicklung auftritt. Zwar könnte diese Wärme in einem den HTSL-Leiter umgebenden Kühlmedium, etwa flüssigem Stickstoff, aufgenommen und abgeleitet werden. Jedoch sind die entstehenden Temperaturen so hoch, daß es zu Blasenbildung kommt und die Wärme hierdurch nicht in der erforderlichen Zeit abgeführt werden kann. Man ist daher dazu übergegangen, die genannte Stabilisierungsschicht vorzusehen. Die thermische Stabilisierungsschicht, die gewöhnlich aus einem Metall besteht, besitzt entsprechend einen relativ geringen Ohmschen Widerstand. Da aber andererseits im elektrisch normalleitenden Fall ein gewisser Ohmscher Widerstand des HTSL-Leiters insgesamt mindestens gegeben sein muß, leitet sich hieraus ab, daß der bekannte HTSL-Leiter eine bestimmte Mindestlänge aufweisen muß. Diese Mindestlänge ist größer, als ein integrierter HTSL-Leiter hergestellt werden kann. Entsprechend müssen in der Praxis eine Vielzahl von HTSL-Leitern zusammengeschaltet werden, um die gewünschten (Ohmschen) Widerstands-Randbedingungen zu erreichen.

Ausgehend von dem zuvor wiedergegebenen Stand der Technik beschäftigt sich die Erfindung mit der technischen Problematik, einen HTSL-Leiter dieser Art anzugeben, der trotz guter thermischer Stabilisierung im elektrisch normalleitenden Zustand einen hohen Ohmschen Widerstand aufweist.

Diese technische Problematik ist zunächst und im wesentlichen beim Gegenstand des Anspruchs 1 gelöst, wobei darauf abgestellt ist, daß die Stabilisierungsschicht in Stromflussrichtung Unterbrechungen kurzer Länge aufweist, wobei die Länge an einer noch möglichen thermischen Ableitung einer Erwärmung der HTSL-Schicht - im Bereich der Unterbrechung - in die Stabilisierungsschicht orientiert ist. Erfindungsgemäß ist erkannt worden, daß die Stabilisierungsschicht nicht - in einer Stromflussrichtung - als durch-

2

gängige Schichtbahn auf der HTSL-Schicht aufgebracht zu sein braucht. Vielmehr können Unterbrechungen vorgesehen sein, welche den ggf. durch die Stabilisierungsschicht fließenden Strom widerstandserhöhend umlenken oder sogar die Durchleitung nur vermittels der - wenn auch sehr geringen so doch gegebenen - Leitfähigkeit der HTSL-Schicht (unter Normalbedingungen) in der Unterbrechung ermöglichen. Der so erreichte hohe Ohmsche Widerstand bei Stromfluß in der Stabilisierungsschicht ermöglicht es, in einem praktischen Anwendungsfall die Anzahl der zusammenzuschaltenden HTSL-Leiter wesentlich zu reduzieren. Gleichzeitig ist es aber auch möglich, die Dicke der Stabilisierungsschicht deutlich zu erhöhen, so daß die thermischen Bedingungen des HTSL-Leiters zumindest gleich gut oder sogar verbessert sind. Da die Länge der Unterbrechungen der Stabilisierungsschicht an einer thermischen Ableitung von Erwärmungen der HTSL-Schicht orientiert sind, ist die Länge sehr gering. Zugleich ist diese geringe Länge aber auch vorteilhaft im Sinne einer Integrierung der insoweit freiliegenden HTSL-Schicht in die Stromleitung unter Normalbedingungen. Hierbei ist die Länge der Unterbrechung in weiterer Einzelheit geeigneterweise an den thermischen Bedingungen einer möglichen Schwachstelle in der HTSL-Schicht orientiert, da auch eine Beschädigung der HTSL-Schicht in dem Fall ausgeschlossen sein soll, daß eine solche - herstellungsmäßig nicht vollständig auszuschließende - Schwachstelle in der Unterbrechung freiliegt. Im einzelnen kann hinsichtlich einer Unterbrechung etwa vorgesehen sein, daß die Stabilisierungsschicht Insel- oder halbinseltartige, jeweils durch eine oder mehrere Unterbrechungen voneinander gesonderte, Streifenbereiche bildet. Bspw. kann die Stabilisierungsschicht zebrastreifenartig ausgebildet sein, mit einer Ausrichtung der Streifenbereiche im wesentlichen quer zur Leiterlängsrichtung bzw. zur Stromflussrichtung. Darüber hinaus und alternativ hierzu kann die Stabilisierungsschicht aber auch, unter grundsätzlicher Beibehaltung einer durchgängigen Schichtbahn, relativ zu der Stromrichtung wechselnd ausgebildet sein. In bevorzugter Ausgestaltung kann die Stabilisierungsschicht hierbei als mäandertförmig verlaufende Schichtbahn ausgebildet sein.

Weiter bevorzugt ist die Dicke der Stabilisierungsschicht (unabhängig von der jeweils speziellen Ausgestaltung) wesentlich größer als die Dicke der HTSL-Schicht. Bevorzugt ist die Stabilisierungsschicht 10 bis 80 mal dicker als die HTSL-Schicht. Eine reale Schichtdicke der HTSL-Schicht beträgt bspw. 0,5 µm während eine Schichtdicke der Stabilisierungsschicht 20 µm beträgt. Die Breite eines Streifenbereichs oder einer durchgängigen Schichtbahn ist klein gegenüber der Länge (in Stromflussrichtung) des HTSL-Leiters insgesamt. Bspw. beträgt sie etwa 1/10 bis ein 1/100 der Länge des HTSL-Leiters. In weiterer Einzelheit kann die Stabilisierungsschicht auch aus verschiedenen Materialien zusammengesetzt sein. Bspw. kann sie aus einer unteren, unmittelbar auf der HTSL-Schicht aufgetragenen Goldschicht sehr geringer Dicke und einer darüber aufgetragenen Silberschicht großer Dicke bestehen. Die Dicke der Goldschicht kann etwa im Bereich der Dicke der HTSL-Schicht liegen und die Dicke der Silberschicht dann die Gesamtdicke der Stabilisierungsschicht zu den angegebenen Werten ergänzen.

Die Streifenbereiche - aber auch die entsprechenden Abschnitte (außerhalb vom Umlenkungsbereich) der durchgängigen Schichtbahn - können zunächst im wesentlichen in einem rechten Winkel zu einer Längsrichtung bzw. der Stromflussrichtung des HTSL-Leiters verlaufen. Darüber hinaus können sie aber auch mit der Stromflussrichtung einen spitzen Winkel einschließen. Bspw. einen solchen von 45°. Soweit eine durchgängige Schichtbahn gewählt ist,

## DE 198 56 425 A 1

3

etwa in Form der angesprochenen mäandrierförmigen Schichtbahn, ist die (Gesamt-) Dicke der Stabilisierungsschicht geringer als im Fall von inselartig isolierten Bereichen der Stabilisierungsschicht.

Die Trägerschicht kann unterschiedlich ausgebildet sein. Derzeit bieten sich insbesondere sogenannte YSZ-Platten an und Platten aus dem Werkstoff  $\text{La}_{10}\text{O}_3$ . Letztere sind einkristallin.

Gegenstand der Erfindung ist auch ein Fehlerstrombegrenzer mit einem HTSL-Leiter gemäß einer oder mehreren der vorbeschriebenen Ausführungsformen.

Hinsichtlich des eingangs auch genannten HTSL-Leiters in einer Ausbildung als Multifilamentleiter beschäftigt sich die Erfindung auch mit der technischen Problematik, eine solche Ausgestaltung anzugeben, daß bei hohen Stromstärken, etwa bei einem Übergang in normalleitenden Zustand, für eine gewisse Zeitspanne eine Schädigung des HTSL-Leiters ausgeschlossen wird.

Diese technische Problematik ist hierbei zunächst und im wesentlichen dadurch gelöst, daß der HTSL-Leiter in bestimmten Abständen eine Mehrzahl von gut wärmeleitenden metallischen Platten durchsetzt, unter wärmeleitender Verbindung mit den Platten. Bevorzugt sind die Platten untereinander (nicht unmittelbar) wärmeleitend miteinander verbunden. Beim Übergang von Supraleitung in Normalleitung ist aufgrund der hohen Stromdichte in kürzester Zeit auch bei solchen HTSL-Leitern eine starke Erwärmung zu verzeichnen, wie bereits eingangs in anderem Zusammenhang beschrieben. Vergleichbar dem zunächst erläuterten Konzept ist auch für die hier betroffenen Multifilamentleiter eine Lösung angegeben, die den HTSL-Leitern eine hohe metallische Wärmekapazität zuordnet, ohne jedoch die HTSL-Leitung zu beeinträchtigen. Zur wärmeleitenden Verbindung empfiehlt es sich, den HTSL-Leiter mit einer solchen Platte über eine Lötung zu verbinden. Auch kann vorgesehen sein, daß eine Platte eine Öffnung als Strömungsdurchlaß für ein Gas aufweist. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn beim Übergang in normalleitenden Zustand ein Sieden in einer Kühlflüssigkeit wie etwa flüssigem Stickstoff auftritt.

Im Hinblick auf eine Stromversorgung, beispielsweise für einen HTSL-Magneten, schlägt die Erfindung vor, einen HTSL-Leiter, in Multifilament-Ausbildung, im wesentlichen senkrecht ausgerichtet anzuordnen, wobei der HTSL-Leiter eine Mehrzahl von metallischen Platten durchsetzt, mit denen er wärmeleitend verbunden ist. Um eine Abfuhr von entstehenden Gasen zu ermöglichen, ist im Sinne des vorstehend erläuterten Konzeptes auch vorgesehen, daß die Platten Durchgangsbohrungen aufweisen, zum Durchlaß der verdampfenden Kühlflüssigkeit.

Nachstehend ist die Erfindung des weiteren anhand der beigelegten Zeichnung, welche jedoch lediglich Ausführungsbeispiele darstellt, erläutert. Hierbei zeigt:

Fig. 1 einen Querschnitt durch ein HTSL-Leiterelement, geschnitten entlang der Linie II-II in Fig. 2;

Fig. 2 eine Draufsicht auf das HTSL-Leiterelement gemäß Fig. 1;

Fig. 3 einen Querschnitt durch ein HTSL-Leiterelement, gemäß Fig. 4, geschnitten entlang der Linie IV-IV in Fig. 4;

Fig. 4 eine Draufsicht auf den Gegenstand gemäß Fig. 3;

Fig. 5 eine Draufsicht auf ein HTSL-Leiterelement gemäß den Fig. 3 und 4 in modifizierter Ausführung;

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Fehlerstrombegrenzers mit einem HTSL-Leiter gemäß einem der Fig. 1 bis 5;

Fig. 7 eine schematische Querschnittsansicht einer Stromversorgung für einen HTSL-Magneten; und

Fig. 8 einen Querschnitt durch den Gegenstand gemäß

4

Fig. 7, geschnitten entlang der Linie VIII-VIII.

Dargestellt und beschrieben ist, zunächst mit Bezug zu den Fig. 1 und 2, ein hochtemperatursupraleitfähiger Leiter 1 (HTSL-Leiter), der in einem Fehlerstrombegrenzer genutzt wird (vgl. hierzu im weiteren Fig. 6 und zugehörige Beschreibung). Die Darstellung ist schematisiert. Die elektrischen Anschlüsse zur Durchleitung des Stromes sind im einzelnen nicht dargestellt.

Der HTSL-Leiter 1 besitzt zunächst eine untere Trägerschicht 2. Es handelt sich beim Ausführungsbeispiel um eine YSZ-Platte. Auf der Trägerschicht 2 ist eine supraleitfähige HTSL-Schicht 3 aufgebracht, beim Ausführungsbeispiel als YBCO-Film. Auf der HTSL-Schicht 3 ist eine elektisch (nur) normalleitfähige thermische Stabilisierungsschicht 4 aufgebracht. Die Stabilisierungsschicht 4 dient zur thermischen Stabilisierung des HTSL-Leiters 1 im Fall, daß die Supraleitfähigkeitseigenschaften bei einem zu hohen Strom verloren gehen.

Bei der Anwendung in einem Fehlerstrombegrenzer kommt es kurzzeitig zu sehr hohen Stromstärken, bis eine Fehlerstrombegrenzung eingreift. Realistisch ist hier ein Zeitraum von bis zu 100 msec. Binnen solchen Zeitraum muß die HTSL-Schicht unbeschädigt überleben können, wobei zu berücksichtigen ist, daß sie sich nicht sehr stark erwärmen kann, ohne Schaden zu nehmen. In diesem Zusammenhang ist nun die thermische Stabilisierungsschicht von entscheidender Bedeutung. Durch die vergleichsweise hohe Masse der thermischen Stabilisierungsschicht, die bei geeigneter Wahl des Werkstoffes eine entsprechend hohe Wärmekapazität besitzt, kann kurzzeitig die durch die hohe Stromstärke entstehende Wärme so effektiv aufgenommen werden, daß die HTSL-Schicht keine Beschädigung erfährt. Der dynamische Vorgang aufgrund eines plötzlich ansteigenden Fehlerstromes wird wärmetechnisch in einem so gestalteten HTSL-Leiter selbst aufgefangen.

Wie aus der Darstellung der Fig. 2 ersichtlich, ist die Stabilisierungsschicht 4 im einzelnen als durchgängige mäandrierförmige Schichtbahn ausgebildet. Wesentlich ist, daß in Längsrichtung bzw. Stromflußrichtung S des HTSL-Leiters 1 zwischen einzelnen Abschnitten 5, 6 der durchgängigen Schichtbahn eine Unterbrechung U gegeben ist. Die Unterbrechung U ist lediglich in Umlenkungsbereichen 7, 8 zwischen den einzelnen Abschnitten 5 und 6, die bei der mäandrierförmigen Führung der Stabilisierungsschicht 4 gemäß dem Ausführungsbeispiel nach den Fig. 1 und 2 abwechselnd – gegenüberliegend – vorgesehen sind, nicht gegeben. Die Länge einer Unterbrechung U in Stromflußrichtung S ist daran ausgerichtet, daß das in der Unterbrechung U freiliegende Material der HTSL-Schicht 3 im Falle eines normalleitenden Zustandes bei hohen Strömen nicht aufgrund der Wärmeentwicklung zerstört werden kann. Vielmehr muß jeweils eine ausreichende thermische Ableitung zu den die Unterbrechung U begrenzenden Abschnitten 5 und 6 gegeben sein. Beim Ausführungsbeispiel beträgt die Länge bspw. 50 µm.

Im Einsatzzustand ist der HTSL-Leiter im weiteren von flüssigem Stickstoff umgeben, vgl. Fig. 6. Der Abstand U ist so gewählt, daß auch bei den in der betrachteten Anwendung, nämlich als Fehlerstrombegrenzer, gegebenen kurzzeitig sehr hohen Stromstärken in der Unterbrechung U kein Blasenieden auftreten kann.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 und 2 beträgt eine Schichtdicke d1 der Stabilisierungsschicht 4 etwa 20 µm. Dagegen beträgt eine Schichtdicke d2 der HTSL-Schicht 3 etwa 0,5 µm.

Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 3 und 4 ist die Stabilisierungsschicht 4 jeweils in Form einer Vielzahl von inselartig isolierten Streifenbereichen 4' ausgebildet. Wie ersicht-

## DE 198 56 425 A 1

5

lich ergibt sich, vgl. Fig. 4, ein Zebrastrifenmuster. In bezug auf die Stromrichtung S ist beim Ausführungsbeispiel der Fig. 3 und 4 etwa ein rechter Winkel zwischen einer Erstreckungsrichtung der Streifenbereiche 4' und der Stromrichtung S gegeben. Die Unterbrechung U ist nach den gleichen Kriterien gewählt, wie zuvor im Hinblick auf das Ausführungsbeispiel der Fig. 1 und 2 erläutert. Dadurch, daß die Stabilisierungsschicht 3 hier aus einzelnen, elektrisch nicht bzw. nur über die HTSL-Schicht 3 verbundenen Streifenbereichen 4' besteht, kann eine wesentlich größere Dicke d1' gewählt werden. Während die Dicke d2 gleich der Dicke d2 beim Ausführungsbeispiel der Fig. 1 und 2 ist, ist die Dicke d1' beim Ausführungsbeispiel der Fig. 3 und 4 etwa 50 µm.

Eine Breite b (Abmessung in Stromflußrichtung S) eines Streifenbereichs ist klein gegenüber einer Gesamtlänge L eines HTSL-Leiters. Die Gesamtlänge L liegt etwa zwischen 5 und 50 cm, die Breite b dagegen etwa zwischen 0,5 und 1,5 cm, bevorzugt etwa bei 1 cm.

Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 5 ist eine Variante dargestellt, bei welcher die einzelnen Streifenbereiche 4' der Stabilisierungsschicht 4 in einem spitzen Winkel Alpha zur Stromrichtung S bzw. Längenerstreckung des HTSL-Leiters 1 angeordnet sind.

In Fig. 6 ist ein Ausführungsbeispiel eines mittels eines HTSL-Leiters 1 einer der beschriebenen Ausführungsformen gestalteten Strombegrenzers 8 dargestellt.

Ein Kryostat 9 ist mit flüssigem Stickstoff 10 gefüllt. In den flüssigen Stickstoff 10 sind mehrere HTSL-Leiter 1 eingehängt, mittels einer schematisch angedeuteten Halterung 11. Die HTSL-Leiter 1 sind mittels Verbindungsleitungen 12 parallel geschaltet. Über elektrische Zu- und Ableitungen 13, 14 wird der zu überwachende Strom durch die HTSL-Leiter 1 hindurchgeleitet. Verdampfender Stickstoff wird in den Auffangleitungen 15 aufgenommen und über eine Rückleitung 16 in einen Refrigerator 17 geleitet und in flüssiger Form in den Kryostat 9 zurückgeführt.

Im Falle eines Kurzschlusses in einem durch den Fehlerstrombegrenzer 8 überwachten elektrischen Netz steigt der Strom durch die Leitungen 13, 14 sprunghaft an. Die HTSL-Leiter verlieren bei Überschreiten einer bestimmten kritischen Stromstärke ihre Supraleitfähigkeit. Sie setzen dem Stromfluß einen Ohmschen Widerstand entgegen, wodurch auch eine Aufwärmung der HTSL-Schicht erfolgt. Der Strom fließt dann auch wesentlich über die Stabilisierungsschicht der HTSL-Leiter 1. Insgesamt kommt es kurzfristig zu einer sehr starken Dämpfung des Stromes, so daß der Kurzschlußstrom entsprechend begrenzt ist. "Kurzfristig" bedeutet hier, daß die Dämpfung in deutlich weniger als 5 ms (einem Viertel der Periodendauer des Wechselstroms) eintritt.

Unter Bezug auf Fig. 7 ist eine Querschnittsdarstellung einer Stromversorgungsanordnung 18 für einen schematisch angedeuteten HTSL-Magneten wiedergegeben.

Die Stromversorgung 18 besteht beim Ausführungsbeispiel aus fünf und zwanzig kreisförmig zueinander angeordneten HTSL-Multifilamentleitern 20. Die HTSL-Multifilamentleiter 20 durchsetzen eine Vielzahl von metallischen Platten 21. Beispielsweise kann es sich um Kupferplatten handeln.

Wie weiter zu erkennen ist, sind die HTSL-Multifilamentleiter 20 nahe einer Außenumfangsfläche einer Platte 21 angeordnet. Im Inneren der Platten 21 sind - geeigneterweise miteinander fluchtende - Durchlaßöffnungen 22 ausgebildet.

Die Platten 21 mit den sie durchsetzenden HTSL-Multifilamentleitern 20 sind insgesamt in einem beim Ausführungsbeispiel aus Stahl bestehenden Mantelrohr 23 aufgenommen.

6

Am oberen Ende sind die HTSL-Multifilamentleiter 20 mit einem Kupfer-Anschlußstück 24 verlötet, zum Übergang auf den normalerweise Teil der Stromzuführung. Das Kupferstück 24 ist in einem Edelstahlring 25 aufgenommen.

Ans dem Supraleitungsbereich des HTSL-Magneten 19 austretendes verdampfendes Kühlmittel tritt im Bereich einer untersten Platte - Platte 21' - die im Gegensatz zu den anderen Platten 21 randseitig nicht mit der Innenfläche des Mantelrohrs 23 verbunden ist, beispielsweise mit einer Temperatur von 4,5 Kelvin ein. Bis zum Gasauslaß 26 erwärmt sich das Gas auf circa 35 Kelvin. Zugleich ist hiermit ein Gegenstrom-Kühleffekt im Bezug auf die HTSL-Multifilamentleiter 20 erreicht.

Alle offenbaren Merkmale sind erfindungswesentlich. In die Offenbarung der Anmeldung wird hiermit auch der Offenbarungsinhalt der zugehörigen/beigefügten Prioritätsunterlagen (Abschrift der Voranmeldung) vollinhaltlich mit einbezogen, auch zu dem Zweck, Merkmale dieser Unterlagen in Ansprüche vorliegender Anmeldung mit aufzunehmen.

## Patentsprüche

1. Hochtemperatursupraleitfähiger Leiter (HTSL-Leiter), (1), bspw. zur Verwendung in einem supraleitenden Fehlerstrombegrenzer, der in einer bestimmten Stromflußrichtung von Strom durchflossen wird, mit einer Trägerschicht (2), einer darauf aufgetragenen supraleitfähigen HTSL-Schicht (3), bspw. in Form eines YBCO-Films, und einer auf der HTSL-Schicht (3) aufgetragenen thermischen Stabilisierungsschicht (4) aus elektrisch normal leitfähigem Material, dadurch gekennzeichnet, daß die Stabilisierungsschicht (4) in Stromflußrichtung (S) Unterbrechungen (U) kurzer Länge aufweist, wobei die Länge an einer noch möglichen thermischen Ableitung einer Erwärmung der HTSL-Schicht (3) - im Bereich der Unterbrechung (U) - in die Stabilisierungsschicht (4) orientiert ist.
2. HTSL-Leiter (1) nach Anspruch 1 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, daß die Stabilisierungsschicht (4) als relativ zu der Stromflußrichtung (S) wechselnde Schichtbahn ausgebildet ist.
3. HTSL-Leiter nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, daß die Stabilisierungsschicht (4) in Form von insel- oder halbinselartigen Streifenbereichen hoher Wärmekapazität ausgebildet ist.
4. HTSL-Leiter (1) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke (d1') der Stabilisierungsschicht wesentlich größer ist als die Dicke (d2) der HTSL-Schicht (3).
5. HTSL-Leiter (1) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, daß die Streifenbereiche zebrastrifenartig ausgebildet sind.
6. Fehlerstrombegrenzer mit einem HTSL-Leiter (1), wobei der HTSL-Leiter (1) in einer bestimmten Stromflußrichtung von einem Strom durchflossen wird, eine Trägerschicht aufweist und eine darauf aufgetragene HTSL-Schicht (3), bspw. in Form eines YBCO-Films und weiter eine auf der HTSL-Schicht (3) aufgetragene thermische Stabilisierungsschicht (4) aufweist, aus elektrisch normal leitfähigem Material, dadurch gekennzeichnet, daß die Stabilisierungsschicht (4) in Stromflußrichtung (S) Unterbrechungen (U) kurzer Länge aufweist, wobei die Länge an einer noch möglichen thermischen Ableitung einer Erwärmung der

## DE 198 56 425 A 1

7

8

HTSL-Schicht (3) - im Bereich der Unterbrechung (U)  
- in die Stabilisierungsschicht (4) orientiert ist.

7. Fehlerstrombegrenzer nach Anspruch 6 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Fehlerstrombegrenzer mehrere HTSL-Leiter (1) parallel geschaltet sind.

8. Hochtemperatursupraleitfähiger Leiter (HTSL-Leiter) in einer Ausbildung als Multifilamentleiter, dadurch gekennzeichnet, daß der HTSL-Leiter in bestimmten Abständen eine Mehrzahl von gut wärmeleitenden metallischen Platten durchsetzt, unter wärmeleitender Verbindung mit den Platten, wobei die Platten nicht unmittelbar untereinander wärmeleitend verbunden sind.

9. HTSL-Leiter in einer Ausbildung als Multifilamentleiter, dadurch gekennzeichnet, daß der HTSL-Leiter mit einer Platte lotverbunden ist.

10. HTSL-Leiter in einer Ausbildung als Multifilamentleiter, dadurch gekennzeichnet, daß eine Platte eine Öffnung als Strömungsdurchlaß für ein Gas aufweist.

11. Stromversorgung, beispielsweise für einen HTSL-Magneten, mit einem HTSL-Leiter, dadurch gekennzeichnet, daß der im wesentlichen senkrecht angeordnete HTSL-Leiter eine Mehrzahl von metallischen Platten durchsetzt, mit denen er wärmeleitend verbunden ist, und daß die Platten Durchgangsbohrungen aufweisen zum Durchlaß einer verdampfenden Kühlfülligkeit.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

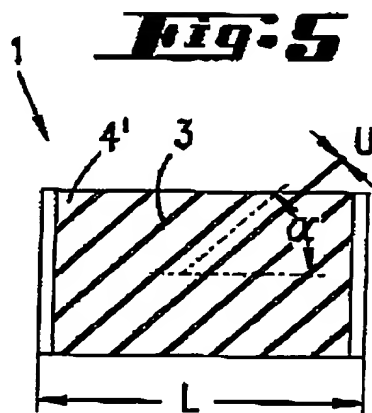
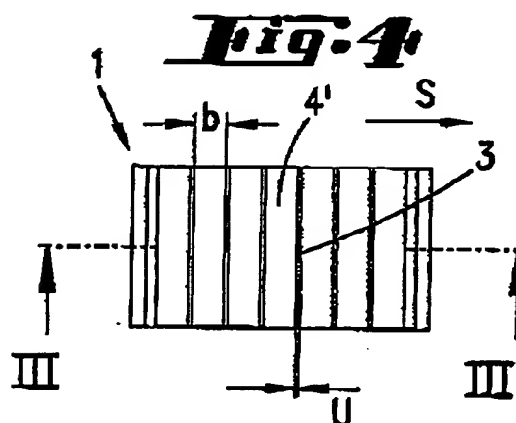
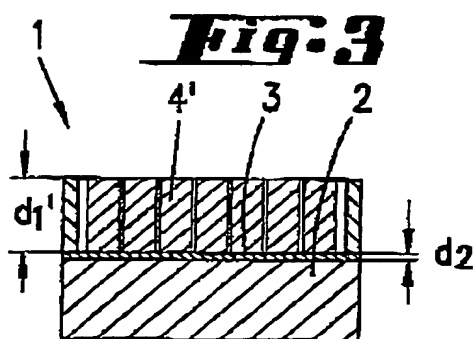
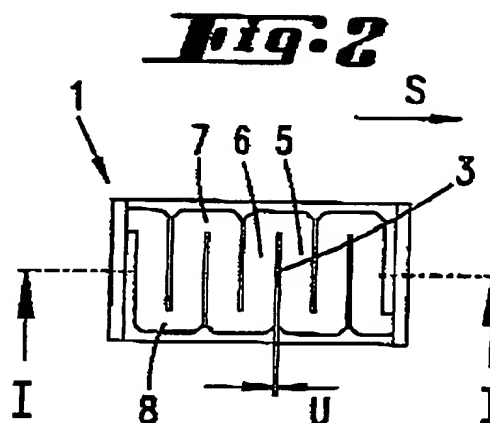
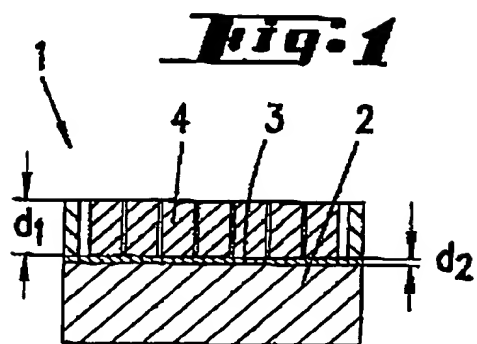
60

65

## ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:  
Int. Cl. 8:  
Offenlegungstag:

DE 198 56 425 A1  
H 01 B 12/06  
1. Juli 1999

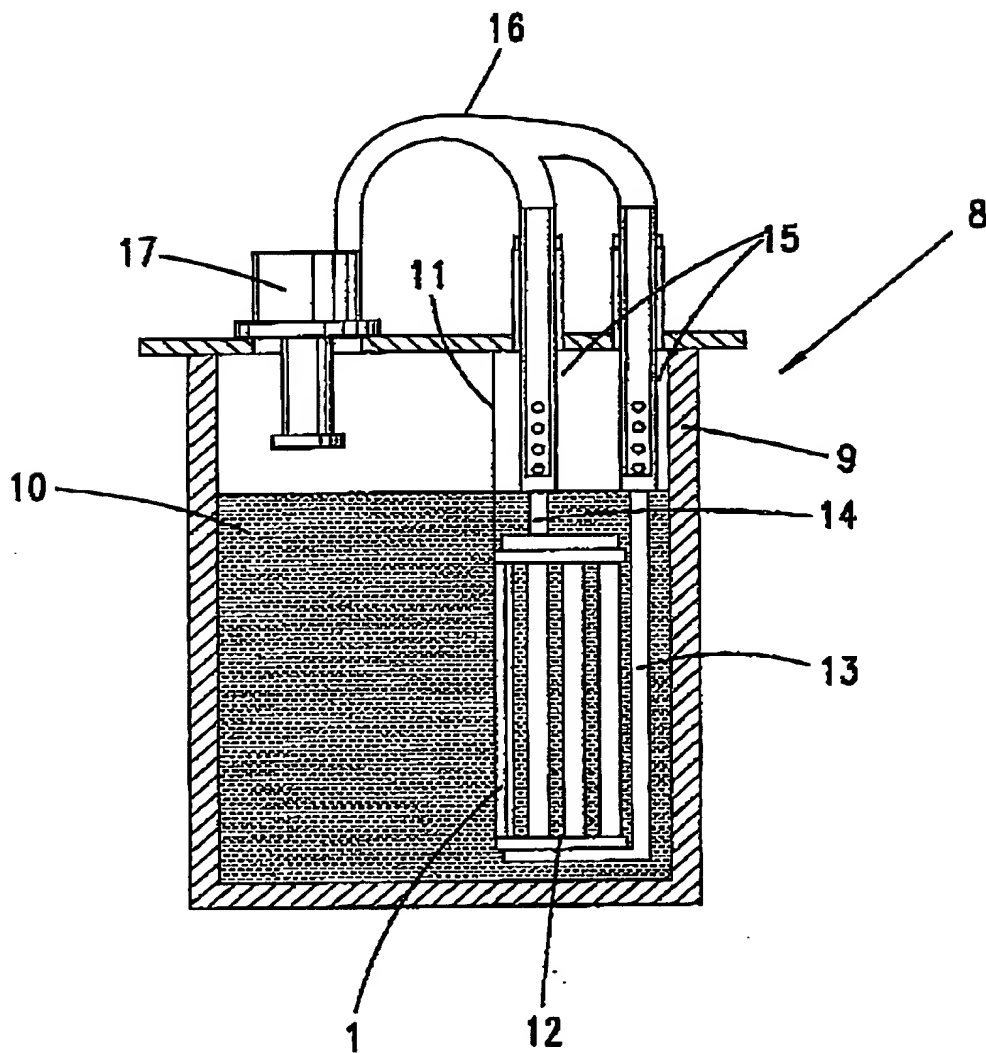




ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:  
Int. Cl. 6:  
Offenlegungstag:

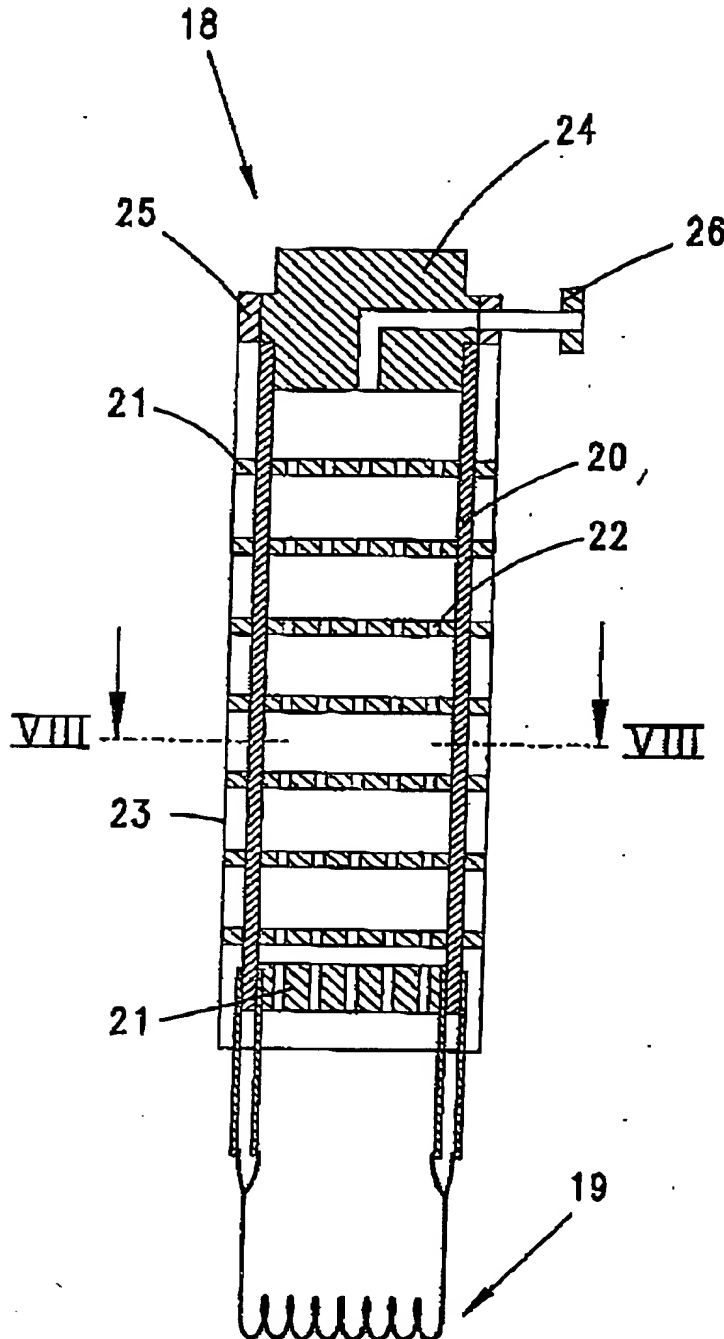
DE 198 58 425 A1  
H 01 B 12/06  
1. Juli 1999

**Fig. 6**

ZEICHNUNGEN SEITE 3

Nummer:  
Int. Cl. 6:  
Offenlegungstag:

DE 198 56 425 A1  
H 01 B 12/06  
1. Juli 1999

**Fig. 7****Fig. 8**